

Primjena korelacije Brooksa i Coreya u slučaju hidrofilnog ležišta – s nepokretnom fazom močenja

M. K. Zahoor, M. N. Derahman, M. Hussin Yunan

STRUČNI ČLANAK

Brooks i Corey' razvili su korelaciju za procjenu kapilarnog tlaka za procese dreniranja koja koristi koncept efektivnog zasićenja za generiranje podataka. Ovo efektivno zasićenje u korelaciji, izračunato je primarno na osnovu promjene u zasićenju faze vlaženja, može se prilično učinkovito koristiti za odgovarajuće svrhe. Međutim, postoje slučajevi u kojima zasićenje močive faze ostaje konstantno kroz cijeli proces istiskivanja. Za takve slučajeve načinjena je modifikacija radi boljšeg prikaza i korištenja korelacije Brooksa i Coreya za procjenu kapilarnog tlaka. Ova modifikacija rezultira boljim analizama, koje pak omogućuju bolje upravljanje i nadgledanje ležišta.

Ključne riječi: kapilarni tlak, procjena, predviđanje, vlaženje

1. Uvod

Brooks i Corey¹ razvili su empirijsku korelaciju za procjenu kapilarnoga tlaka za proces dreniranja (isušivanja), koji se zasniva na konceptu korištenja tlaka loma naslaga i efektivnog zasićenja močivom fazom. Matematički:

$$P_c(S_e) = p_a S_e^{\frac{1}{\lambda}} \quad (1)$$

gdje je tlak loma naslaga (p_a), tlak pri kojem će jedna tekućina početi istiskivati drugu. Uz tip tekućine koja je uključena, on ovisi o najvećoj otvorenoj poru kroz koju će započeti procesi istiskivanja. Matematički:

$$p_a = P_c = \frac{2\sigma \cos \theta}{r} \quad (2)$$

Efektivna faza zasićenja vlaženja (S_e) u jednadžbi (1) može se prikazati kao:

$$S_e = \frac{S_w - S_{wr}}{1 - S_{wr} - S_{nr}} \quad (3)$$

gdje S_w i S_{wr} predstavljaju zasićenje faze močenja i rezidualno zasićenje faze močenja.

U jednadžbi (1), karakteristična konstanta λ , određuje jednoznačnost distribucije veličine zrna. Što je veća vrijednost, jednoznačnost će biti veća i obrnuto.

2. Metodologija

2.1 Procjena kapilarnog tlaka na osnovi odnosa kapilarnog tlaka i zasićenja nemočivom fazom korištenjem korelacije Brooks i Corey

Za određivanje/obnavljanje krivulje kapilarnog tlaka korištenjem korelacije Brooks i Corey iz dostupnih podataka kapilarnog tlaka u odnosu na podatke zasićenja nemočivom fazom, u slučaju da je močiva faza

nepokretna, odabran je prikaz koji su osmislili B. Pedrera, H. Bertin i suradnici.³ Rečeni prikaz nastao je kao rezultat procesa dreniranja, tj. istiskivanja nafte utiskivanjem plina. Tijekom njihova eksperimenta, močivost jezgre mjerena je korištenjem Amott-IFP testova² kojima se procjenjuje močivost jezgre pri svakoj fazi kroz omjere količine tekućina nastalih spontanom i poticanim istiskivanjem. Ovaj test stvara dva fazna indeksa, I_w i I_o u rasponu od 0 do +1, koji odgovaraju močivosti vode i nafte i pokazuju afinitet proučavane faze prema poroznom mediju. Tada se može izračunati globalni indeks, $W.I.$, nazvan indeks močivosti, a prikazan je u nastavku.

$$W.I. = I_w - I_o \quad (4)$$

Indeks varira od +1 za jako hidrofilni medij do -1 za jako hidrofobni medij. U ovome slučaju, efektivno zasićenje močive faze izračunato je pomoću jednadžbe (3), biti će jednako nula:

$$S_w - S_{wr} = 0 \quad (5)$$

To je zato što je zasićenje močivom fazom (voda) nepokretno.

2.2 Redefiniranje definicije efektivnog zasićenja

Efektivno zasićenje močive faze je redefinirana radi boljšeg prikaza korelacije i izračunavanja kapilarnog tlaka, korištenjem za takve slučajeve, korelacije Brooks i Corey. To je učinjeno definiranjem efektivnog zasićenja na osnovu zasićenja mobilne faze, što daje slijedeći rezultat

$$S_{em} = \frac{S_{mphase1} - S_{rmphase1}}{1 - S_{mphase2} - S_{rmphase1}} \quad (6)$$

Zasićenje močive faze zamijenjeno je zasićenjem mobilne faze i rezidualnim zasićenjem mobilne faze.

Zamjenom S_e sa S_{em} , u jednadžbi (1), dobiva se:

$$P_c(S_{em}) = p_d S_{em}^{-\frac{1}{\lambda}} \quad (7)$$

ili,

$$P_{c.est.} = P_c(S_{em}) = p_d S_{em}^{-\frac{1}{\lambda}} \quad (8)$$

Pa se kapilarni tlak može odrediti korištenjem gornje jednadžbe čak i u slučajevima kada je močiva faza imobilna.

2.3 Procjena karakterističnih konstantni

Logaritmiranjem obje strane jednadžbe (8), dobiva se:

$$P_c(S_{em}) = p_d S_{em}^{-\frac{1}{\lambda}} \quad (9)$$

$$\log P_c = \log \left(p_d S_{em}^{-\frac{1}{\lambda}} \right) \quad (9)$$

$$\log P_c = \log p_d + \log \left(S_{em}^{-\frac{1}{\lambda}} \right) \quad (10)$$

$$\log P_c = \log p_d + \frac{-1}{\lambda} \log(S_{em}) \quad (11)$$

Usporedbom te jednadžbe s jednadžbom pravca

$$y = mx + c \quad (12)$$

dobiva se

$$\text{nagib } m = \frac{-1}{\lambda} \quad (13)$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{-1}{m} \quad (14)$$

Tako se karakteristična konstanta može odrediti korištenjem log-log crteža uočenog kapilarnog tlaka (eksperimentalni podaci) u odnosu na S_{em} , i/ili korištenjem slijedeće jednadžbe za nagib

$$m = \frac{\log(P_{c1}) - \log(P_{c2})}{\log(S_{em1}) - \log(S_{em2})} \quad (15)$$

3. Rezultati

Kapilarni tlak određen je korištenjem jednadžbe (8) i iscrtan za usporedbu s odabranim laboratorijskim podacima kapilarnoga tlaka za hidrofilne sisteme, kako je prikazano na slici 1.

4. Diskusija i zaključak

Iz usporednog crteža (Sl. 1), može se vidjeti dobra podudarnost između uočenog kapilarnog tlaka i procijenjenog kapilarnog tlaka dobivenog korištenjem korelacije Brooks i Corey, kada je u njega uključeno modificirano efektivno zasićenje.

Modificiranjem korelacije efektivnog zasićenja, omogućeno je u korelaciji Brooksa i Coreya korištenje varijacija u zasićenju pokretljive faze (nemočive), što rezultira procjenom kapilarnog tlaka za procese istiskivanja u kojima je močiva faza nepokretna. Ova

modifikacija pogoduje korisniku kod interpretacije i primjene.

Kada se jednom postigne podudarnost, može se generirati bilo koji broj točaka podataka ($P_{c.est.}$ za bilo koje određeno zasićenje), koji možda nisu bili zabilježeni tijekom eksperimenta.

Ova tehnika će čak dati bolji ulaz za različite postojeće komercijalne simulatore za prijašnja podudaranja, predviđanja, analizu i odabir optimalne metode povećanja iscrpka nafte, zbog toga što karakteristike prikaza kapilarnog tlaka nisu linearne. Broj točaka podataka može biti generiran kako bi se koristio u svrhu simulacije i analize, jer većina simulatora koristi linearnu interpolaciju između točaka podataka. Povećanjem broja točaka podataka, zbog toga nastala pogreška može biti minimizirana.

Nazivlje

P_c	kapilarni tlak
$P_{c.est.}$	procijenjeni kapilarni tlak
p_d	tlak istiskivanja
R	polumjer najveće pore otvorene za utiskivanje fluida za pokretanje procesa istiskivanja
S_e	efektivno zasićenje
S_{em}	efektivno zasićenje pokretnom fazom
S_w	zasićenje močivom fazom
S_{wr}	preostalo zasićenje močivom fazom
S_{nr}	preostalo zasićenje nemočivom fazom
$S_{mphase1}$	zasićenje pokretnom fazom 1
$S_{mphase1}$	preostalo zasićenje fluidom 1
$S_{mphase2}$	preostalo zasićenje fluidom 2
I_w	indeks močivosti vodom
I_o	indeks močivosti naftom
$W.I.$	indeks močivosti
σ	međufazna napetost
θ	kut kontakta
λ	konstantna svojstva (karakteristike)



Autori:

Muhammad Khurram Zahoor, Corresponding Author, Petroleum Engineering Department, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Skudai, Johor, Malaysia. Department of Petroleum and Gas Engineering, University of Engineering and Technology, Lahore, Pakistan

Mohd. Nawi Derahman, Petroleum Engineering Department, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Skudai, Johor, Malaysia.

Mat Hussin Yunan, Petroleum Engineering Department, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Skudai, Johor, Malaysia.

UDK : 622.276/.279 : 553.98 : 622.276.43

622.276/.279 pridobivanje (proizvodnja) nafte i plina
553.98 ležišta nafte i plina
622.276.43 vlaženje, kapilarni tlak